

超高速LSI用Cu配線におけるボイド形成機構の研究

著者	小池 淳一
URL	http://hdl.handle.net/10097/42229



超高速 LSI 用 Cu 配線におけるボイド形成機構の研究

課題番号 13450281

平成 13 年度～平成 15 年度科学研究費補助金 (基盤研究(B)(2))

研究成果報告書

平成 16 年 7 月

研究代表者 小池 淳一

(東北大学 大学院環境科学研究科 助教授)

はしがき

Cu 薄膜は次世代の高速・高集積度 LSI デバイスの配線として用いられるが、配線幅が減少するに伴って、デバイスプロセス時および動作時における信頼性の問題が顕在化してきた。主な問題点としてストレスマイグレーションとエレクトロマイグレーションがある。前者は、加熱プロセス中に発生する熱応力によるボイドの形成、および絶縁層と Cu 配線の界面剥離の問題である。後者は原子拡散が電子流によって促進されてボイドや突起部などの欠陥を形成する問題である。ここで、界面剥離挙動とエレクトロマイグレーション寿命は経験的に比例関係があるため、本研究はストレスマイグレーションの問題に着目して、欠陥形成の原因を究明するとともに、欠陥形成を遅延するための指針を確立することを目的とした。

用いた試料は、表面に熱酸化膜を有する Si 単結晶基板上に種々の拡散バリア層を成膜し、さらに Cu 薄膜を成膜した試料である。この多層薄膜試料において熱処理前後の組織変化ならびに応力変化を調べた。また、透過電子顕微鏡によって得られた結晶学的情報をもとに有限要素法による応力分布シミュレーションを行い、ボイド形成の原因を明らかにした。界面剥離に関してはナノスクラッチ試験を行なって界面密着強度を調べ、膜内部の組織ならびにバリア層の化学組成との関連を明らかにした。

以下に、研究組織、交付決定額、研究発表のリスト、研究の概要を記し、発表論文のコピーを添付する。なお、国内外学会の予稿などは省略する。

研究組織

研究代表者 小池淳一（東北大学大学院環境科学研究科助教授）

交付決定額（配分額） (金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合 計
平成 13 年度	3,200	0	3,200
平成 14 年度	3,400	0	3,400
平成 15 年度	2,300	0	2,300
総 額	8,900	0	8,900

研究発表

(a) 学会誌等

1. Void formation by thermal stress concentration at twin interfaces in Cu thin films
Applied Physics Letters, 79 (2001), 1264-1266.
A. Sekiguchi, J. Koike and K. Maruyama
2. Formation of slit-like voids at trench corners of damascene Cu interconnects
Materials Transactions, 43 (2002), 1633-1637.
A. Sekiguchi, J. Koike and K. Maruyama
3. A relationship between film texture on stress-migration resistance in copper thin films
AIP Conference Proceeding, Stress-Induced Phenomenon in Metallization, 612 (2002), 169-176.
J. Koike, A. Sekiguchi, M. Wada and K. Maruyama
4. Effects of crystallographic texture on stress-migration resistance in copper thin films
Applied Physics Letters, 81 (2002), 1017-1019.
J. Koike, M. Wada, M. Sanada and K. Maruyama
5. 銅薄膜の室温再結晶における不均一ひずみの影響
日本金属学会誌, 67 (2003) 169-172.
和田真, 小池淳一, 丸山公一
6. Microstructural influences on stress migration in electroplated Cu metallization
Applied Physics Letters, 83 (2003), 1962-1964
A. Sekiguchi, J. Koike and K. Maruyama
7. The correlation of adhesion strength with barrier structure in Cu metallization
MRS Proc., (2003) 477-482
A. Sekiguchi, J. Koike, J. Ye and K. Maruyama
8. Stress relaxation during isothermal annealing at elevated temperature in electroplated Cu films
MRS Proceeding, (2004) in press.
S.J. Hwang, Y-C. Joo and J. Koike
9. Mechanical strength of metallic thin-film interfaces
Proc. of International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2003
J. Koike and A. Sekiguchi
10. Mechanical processes of nanoscratch test for the measurement of interface adhesion strength
Fatigue and Fracture of Engineering Materials (2004), in press.
A. Sekiguchi and J. Koike
11. The effects of internal variables on interfacial debond strength on Cu/Ta/SiO₂/Si multilayers by nanoscratch test
MRS Symp. Proc. (2004), in press.
A. Sekiguchi and J. Koike

12. Self-annealing process and its effects on heat-treated texture in electroplated Cu thin films
J. Appl. Phys. (2004), submitted
M. Wada, J. Koike and K. Maruyama

(b) 解説・著書など

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| 薄膜の機械的性質と評価・制御技術 (担当 4 章 2 節) | [技術情報協会 2001 年] |
| ナノメタルの最新技術と応用開発 (担当 12 章) | [シーエムシー出版 2003 年] |

(c) 口頭発表

国際会議

- (1) “Void formation at twin boundaries in Cu thin films during thermal cycling”
A. Sekiguchi, J. Koike and K. Maruyama
MRS 2001 Spring Meeting, San Francisco, April, 2001
- (2) Wada MRS 2001
- (3) “Stress-induced voiding and texture control in Cu thin films” (Invited)
J. Koike, A. Sekiguchi, M. Wada and K. Maruyama
Int. Workshop in Stress-Induced Phenomena in Metallization, Ithaca, USA, October, 2001
- (4) “Effect of microstructure and texture on stress migration resistance in Cu thin films” (Invited)
J. Koike
19th IRSC Workshop on Photonic and Semiconductor Device Reliability, Seoul, Korea,
September, 2001
- (5) “Stress-induced migration and microstructural features in Cu metallization”
J. Koike, A. Sekiguchi, M. Wada, R. Kainuma, K. Ishida and K. Maruyama,
2002 Int. Conf. on Solid State Devices and Materials, Nagoya 2002.
- (6) “Correlation of Adhesion strength with barrier structure in Cu metallization”
A. Sekiguchi, J. Koike, K. Ueoka, J. Ye, H. Okamura, N. Otsuka, S. Ogawa and K. Maruyama,
MRS 2003 Spring meeting, San Francisco, April, 2003.

(7) “Mechanical Strength of Metallic Thin-Film Interfaces”

J. Koike and A. Sekiguchi,

Int. Conf. on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2003, Nagoya, September, 2003

(8) “Relationship between film texture and reliability of Cu interconnects” (Invited)

J. Koike

2003 TMS Spring Meeting, San Diego, USA, March, 2003

(9) “Reliability of Cu/barrier structure in nanometer interconnect lines” (Invited)

J. Koike, R. Kainuma, K. Ishida and K. Maruyama,

2004 TMS Spring Meeting, Charlotte, USA, March, 2004

国内会議

(1) 弾性異方性の高い薄膜における微視的応力分布解析と組織変化

小池淳一

超微細粒材料研究会・ナノ結晶材料の創製と微視的構造、2001年9月、草津

(2) 高信頼性デバイスを実現するための材料研究

小池淳一、関口貴子、和田真、丸山公一

日本学術振興会先端材料技術第156委員会、第26回研究会、2001年11月、東京

(3) 銅薄膜の結晶異方性に起因した応力集中と欠陥形成（招待講演）

小池淳一、関口貴子、和田真

第7回LSI配線における原子輸送・応力問題研究会、2001年7月、茅ヶ崎

(4) 銅配線における配向性制御の可能性

小池淳一、関口貴子、和田真、丸山公一

第129回日本金属学会、2001年9月、九州産業大学

(5) ダマシン銅配線における応力誘起ボイドの形成

関口貴子、小池淳一、丸山公一

第129回日本金属学会、2001年9月、九州産業大学

(6) Importance of Interface Adhesion Strength in the Reliability of Cu Metallization

小池淳一、関口貴子、和田真、貝沼亮介、石田清仁、丸山公一

第8回LSI配線における原子輸送および応力問題研究会、2002年7月、東京大学

- (7) 銅配線に形成されたボイドの成長機構
貝沼亮介、小池淳一、丸山公一、石田清仁
第 8 回 LSI 配線における原子輸送および応力問題研究会、2002 年 7 月、東京大学

- (8) 電解めっき銅薄膜の室温時効による配向変化
和田真、小池淳一、丸山公一
第 130 回日本金属学会、2002 年 3 月、東京理科大学

- (9) Cu 薄膜の配向性におよぼす Ta バリア層表面状態の影響
関口貴子、小池淳一、丸山公一
第 130 回日本金属学会、2002 年 3 月、東京理科大学

- (10) Si 基板上の Cu 薄膜の応力に及ぼす中間絶縁層材質の影響
伊藤吾郎、小池淳一
第 130 回日本金属学会、2002 年 3 月、東京理科大学

- (11) 銅薄膜の室温再結晶におけるひずみ分布の影響
和田真、小池淳一、丸山公一
第 131 回日本金属学会、2002 年 11 月、大阪大学

- (12) 各種層間絶縁膜上の銅薄膜の変形挙動
伊藤吾郎、植竹雅浩、小池淳一
第 131 回日本金属学会、2002 年 11 月、大阪大学

- (13) 銅配線のビア吸い上げ抑止の可能性
小池淳一、貝沼亮介、関口貴子、丸山公一、石田清仁
第 131 回日本金属学会、2002 年 11 月、大阪大学

- (14) 各種層間絶縁膜上の銅薄膜の応力と組織
伊藤吾郎、植竹雅浩、小池淳一
第 132 回日本金属学会、2003 年 3 月、千葉大学

- (15) Cu/Ta_{1-x}Nx/SiO₂/Si におけるバリア構造および界面組織と密着性との関係
関口貴子、小池淳一、丸山公一
応用物理学会、2003 年 3 月、神奈川大学

- (16) Cu 薄膜の室温再結晶における初期配向の影響
和田真、小池淳一、丸山公一
応用物理学会、2003 年 3 月、神奈川大学

(17) スクラッチ試験による Cu 薄膜の密着性評価

関口貴子、上岡健一、叶際平、小池淳一、丸山公一

第 133 回日本金属学会、2003 年 10 月、北海道大学

(18) Cu/Ta_xN_{1-x}/SiO₂/Si における Cu./バリア界面の密着強度

関口貴子、小池淳一、丸山公一

第 134 回日本金属学会、2004 年 3 月、東京工業大学

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録しておりません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。